



TITLE:

結合同化システムの短期再解析実験における降水量-SST関係

AUTHOR(S):

小林, ちあき; 藤井, 陽介; 石川, 一郎

CITATION:

小林, ちあき ...[et al]. 結合同化システムの短期再解析実験における降水量-SST関係. 平成30年度「異常気象と長期変動」研究集会報告 2019: 71-76

ISSUE DATE:

2019-03

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/240941>

RIGHT:

結合同化システムの短期再解析実験における降水量-SST 関係

小林ちあき・藤井陽介・石川一郎（気象研究所）

1. はじめに

全球大気海洋結合モデルを用いて予測を行う際、現在では一般的に大気と海洋を別々に解析したものを初期値として利用している。このため大気海洋間のインターフェース部分に不整合があり、予報初期に“カップリングショック”あるいは“イニシャルショック”と呼ばれる海面水温(SST)予測値のドリフトや降水量のバイアスが発生していると考えられている。このイニシャルショックの低減のため、大気と海洋がバランスした初期値の作成が必要であり、大気海洋結合同化システムを用いた解析値の作成に期待が持たれている。

一方、大気再解析データにおける大気海洋相互作用の再現性の指標として、降水量と SST とのラグ相関関係が調べられてきている。再解析データの降水量は、同化サイクルにおける予報積算降水量であり直接の解析結果ではないが、同化システムの性能を総合的に示す要素である。例えば Arakawa and Kitoh (2004)は、降水量は広い海域で SST 変動にラグを持って追従するが、このラグが NCEP1 再解析では再現されていないことを示した。また、Fujii et al (2009)は、上記のラグが大気モデルに観測データで作成した SST 格子点データを与えて駆動した AMIP ランでは再現されないが、大気海洋結合モデルに海洋観測データのみを同化する準結合同化システムでは再現されることを報告している。また、Saha et al (2009)は、大気海洋結合同化システムにより作成された長期再解析 CFSR の降水量と SST の時間ラグ相関関係を示しており、太平洋西部赤道域では CFSR の方が NCEP1 や NCEP2 再解析よりも観測を良く再現していることを示した。そして、これは同化システムに大気海洋結合モデルを用いた効果が表れているためである

と報告した。しかし、その後の Kumar et al(2013)による研究では、この結果は評価に用いた SST データに依存しており、同化システムで大気海洋結合モデルを用いていない ERA-Interim や MERRA でも観測に近い降水量-SST のラグ相関関係がみられることが指摘されている。

ここでは、このような季節内変動スケールの降水量と SST のラグ相関関係に着目し、気象研究所で開発した大気海洋結合データ同化システム（藤井ら,2017）の短期再解析実験を、JRA-55 や、非結合同化実験（後述）と比較することで評価を行った。

2. 利用データと方法

結合同化実験は藤井ら (2017) が示した結合同化システム(MRI-CDA1)で行った短期再解析実験である。この結合同化システムは、いわゆる弱結合(weakly coupled)の結合同化システムであり、大気と海洋の解析は別々に行われるが、そこで計算される解析インクリメントを大気海洋結合モデルに与えて予報し、その結果を大気、海洋の解析の際の背景場に用いる、という同化サイクルで構成されている。このことにより、大気海洋相互作用を考慮した大気と海洋の状態を再現するシステムである。このシステムでは、大気・海洋の解析は、気象庁現業システムで用いられている、全球大気 4 次元データ同化システムと海洋 3 次元データ同化システム (MOVE/MRI.COM-G2) をそれぞれ用いており、大気海洋結合モデルには現業季節予報モデル (JMA/MRI-CGCM2) が用いられている。この結合同化システムを用い、2013 年 11 月から 2015 年 10 月までの期間の再解析実験 (CDA) を行った。また、大気海洋相互作用の効果を調べ

るため、結合同化システム中の結合モデルの積分時に、モデル計算された SST の代わりに観測 SST(COBESST, Ishii et al, 2005)を用いるようにした非結合同化実験(UCPL)も行った。いずれの実験でも大気データ同化には、衛星データを含む利用できるすべての観測データが用いられている。主にこれらの実験の比較結果を示すが、大気データ同化時に使用する観測データに衛星観測データを用いず、従来型観測のみを用いた、結合同化実験(CDAC)、非結合同化実験(UCPC)も行っており、その結果も示す。

これらの実験の降水量と SST は 6 時間値 (phy2m_6hr) から日別値を作成して使用した。比較のため JRA-55 の降水量も 6 時間値から日別値を作成して検証した。なお、JRA-55 はデータ同化の際に下部境界条件として COBESST を用いている。観測の降水量としては、GPCPv1.2 (Huffman et al, 2001) の日別値を、観測の SST として TMI の SST (TMI-SST, Wentz, et al, 2015) の 3 日値を用いた。

季節内変動の時間スケールを評価対象とするため、先行研究の Saha et al (2010) に従い、降水量、SST とともに 2.5 度格子へ空間内挿したのち、20-100 日のバンドパスフィルターをかけた日別値を作成し、これを統計解析に用いた。統計解析した期間は 2014 年 3 月から 2014 年 8 月 (北半球春-夏季) である。

3. 結果

図 1 は SST と降水量の場所ごとの時間ラグ相関関係分布であり、観測の相関関係 (GPCP 降水量と TMI-SST との関係) と CDA1 システムによる再解析結果による降水量と SST との相関関係である。観測では、インド洋から西太平洋の熱帯域において SST が 15 日から 10 日先行して、降水量に対して正相関を示しており、時間ラグ 0 日で弱い負相関を示す。その後、5 日から 10 日後にかけて負相関が続く様子が見られる。CDA1 システムによる再解析実験でも、ほぼ同様なラ

グ相関関係の分布と時間推移がみられており、このデータ同化システムで観測の大まかなラグ相関関係の特徴が表現されていることがわかる。

図 2 は、太平洋西部赤道域 (10S-10N, 130-150E) における SST と降水量の時間ラグ相関関係を示している。この領域は Saha et al (2010) が示したものと同一領域である。"観測"は GPCP 降水量と TMI-SST の相関関係を示し、"JRA-55"は JRA-55 の降水量と COBE-SST の相関である。また、再解析実験(CDA、UCPL)の相関はそれぞれの降水量とそれぞれの SST との相関を示している。

観測では、降水量は SST と弱い負の同時相関を示す。また、降水量は数日前の SST と正相関を示しており、12 日前の SST と正の相関が最も大きくなる。一方、数日後の SST とは負相関を示しており、7 日後の SST と負相関のピークとなる。これらの特徴は半年分のみの統計関係のものではあるが、Saha et al (2010) が示した観測の 30 年程度の長期間平均の特徴とほぼ一致している。

結合同化実験 (CDA) の降水量と SST の関係は、正相関や負相関のピークのタイミングや、同時の負相関が弱いことなどの違いも見られるが、JRA-55 より観測を良く再現している。また、非結合実験 (UCPL) の降水量と SST の関係と比べても、観測を良く再現していることから、結合同化システムは降水量と SST の関係を適切に再現している。

一方、Kumar et al (2013)は、図 2 でみられたような相関関係の解析データセット間の違いは、評価に用いた海面水温データが異なるために起きていると指摘した。この指摘を考慮し、再解析実験(CDA、UCPL)のそれぞれの降水量と TMI-SST との相関関係を見たものが図 3 である。結合同化実験 (CDA) の降水量と TMI-SST のラグ相関関係は、正相関のピークのタイミングがやや早く、負相関のピークの値がやや弱いなどの特徴を持つが、JRA-55 より観測を良く再現し

ている。また、CDA 実験のラグ相関関係は、非結合実験(UCPL)の関係とほぼ一致していることが分かる。これは、図2で見られた結合同化実験(CDA)と非結合実験(UCPL)のラグ相関関係の違いが、降水の表現の違いから生じたのではなく、SST の表現が異なるために生じた違いであった、ということを示唆するものである。

4. 考察

なぜこのような結果が得られるのか考察する。再解析データの降水は同化システム中の予測モデルの6時間予測値の積み重ねであり、短い時間スケールの降水の和である。このような予報初期の降水は、SST の影響よりも大気初期場の状態の影響を強く受け、決定されていると考えられる。すなわち、結合同化実験(CDA)と非結合実験(UCPL)では、同化に用いた結合モデル内で大気モデルが利用するSSTが異なるにもかかわらず、衛星観測データを同化して作成した大気初期値が、同化システムで生成する降水量を決定しており、どちらの実験でも降水が同様なふるまいをしている、と考えられる。従って、図2のような結合同化システムの観測再現性が非結合同化システムよりも良いという結果は、大気初期値で決まった降水のふるまいと整合的になるようにSSTの方が変化して生じていると考えられる。

これを確認するため、図4に、観測のTMI-SSTと結合同化(CDA)、非結合同化実験(UCPL)のSSTとのラグ相関関係(SST同士)および、観測のGPCP降水量と、各実験の降水量とのラグ相関関係(降水量同士)を示す。非結合同化実験のSSTはCOBE-SSTそのものであるが、結合同化のSSTとは明らかに異なるラグ相関関係を示している。一方、降水量同士のラグ相関関係はJRA-55、結合同化、非結合同化実験でほぼ同じラグ相関関係を示している。このことから、結合同化システムにおける降水量のふるまいは、使用しているSSTの影響をほとんど受けていな

いことが確認できる。

さらに、同化で利用する観測データの降水量のふるまいに与える影響を確認するため、図5に、衛星データを同化に利用せず従来型観測データのみを用いた結合再解析実験、非結合再解析実験による同領域の降水量とSSTのラグ相関関係を示した。この場合、結合実験と非結合実験の降水の相関関係には差があり、大気と海洋を結合した効果が降水のふるまいに表れている。しかし、衛星データを同化した再解析実験の降水の相関関係との差の方が大きく、再解析データにおける降水のふるまいは、同化に用いた観測データの影響を強く受けていることが確認できる。

5. まとめ

以上のことから、今回対象にした領域において、結合同化システムの降水量の変動は、同化システムが結合であるか、非結合であるか、ということより、大気の大気初期場の状態に左右されることがわかった。同化システム中の結合モデルの大気モデルが利用しているSSTより、大量の観測データによる同化結果である大気初期場の状態が、降水のふるまいに強く影響している。同化時に用いる衛星観測データが大気全体の可降水量などの状態を堅牢に決定し、予報の初期段階ではそれに対応した降水が生じており、同化サイクルの中の大気海洋結合モデルで、その降水と整合的なSST変動が生成されていると解釈できる。今回は西太平洋域に絞った解析であったが、今後は、解析の領域による違い、季節による違いについても調査を行いたい。また、大気海洋相互作用がSST変動に及ぼす影響をみるために、海面フラックスの解析も行いたい。

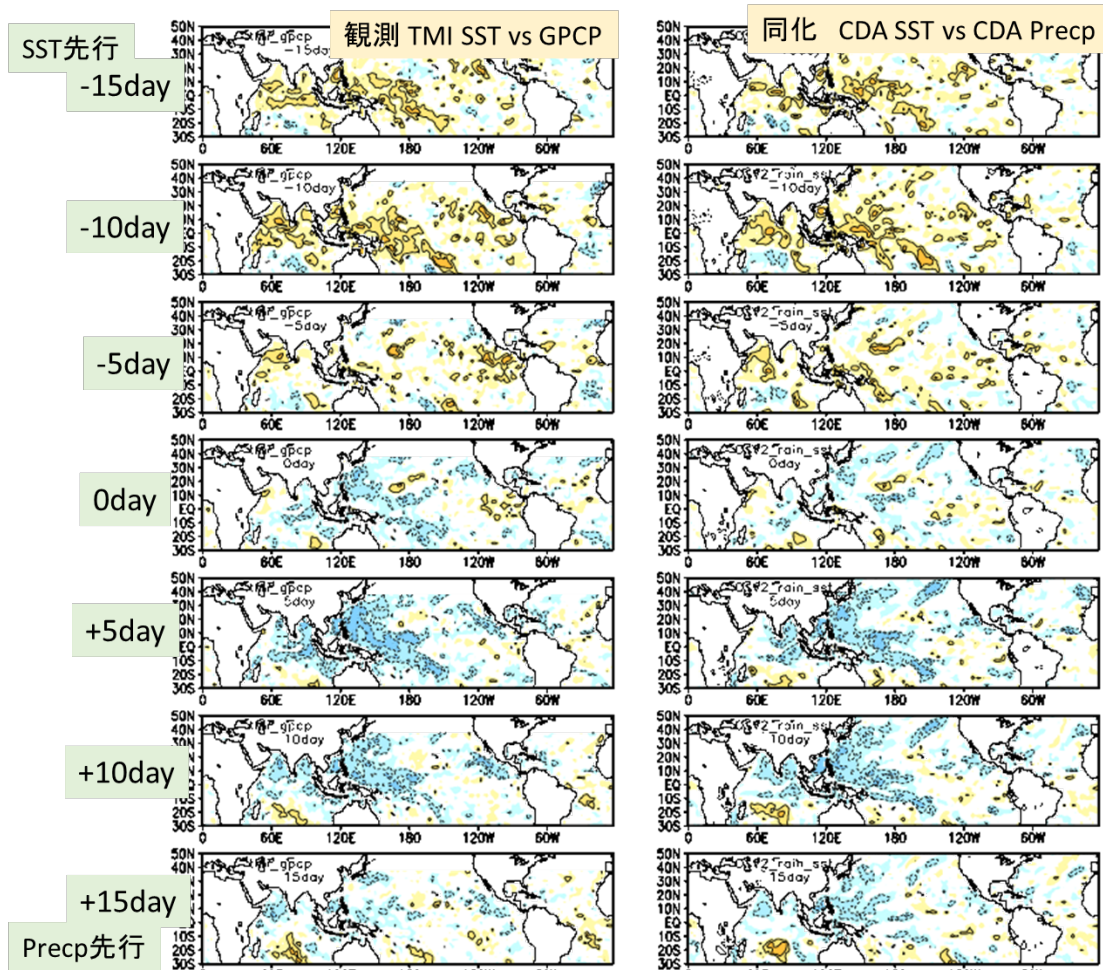


図1 季節内変動の時間スケールの降水量-SST 相関係数分布
 左：観測（TMI-SST と GPCP 降水量）のラグ相関係数分布 右：結合同化システムの SST と降水量のラグ相関係数分布
 上から、ある日の降水量と 15 日先行する SST とのラグ相関係数、10 日先行する SST、5 日先行する SST とのラグ相関係数、同時相関係数、ある日の降水量と 5 日後の SST とのラグ相関係数、10 日後、15 日後の SST とのラグ相関係数。カラー：相関係数（暖色：正相関、寒色：負相関）。コンター間隔は 0.2。ただし、0 線は省略。統計期間は 2014 年 3-8 月

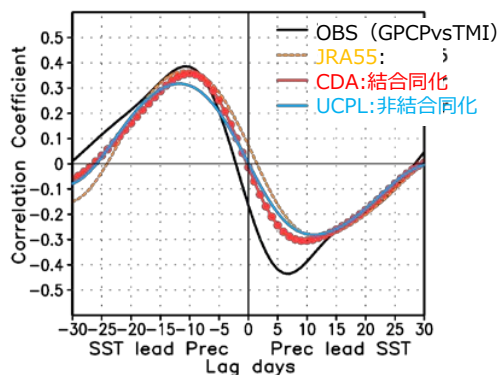


図2 太平洋西部赤道域(10S-10N, 130-150E)における季節内変動の時間スケールの SST と降水量の時間ラグ相関関係
 OBS: GPCP 降水量と TMI-SST
 JRA-55: JRA-55 の降水量と COBE-SST
 CDA: 結合同化実験の降水と SST
 UCPL: 非結合同化実験の降水と SST (COBESST)
 統計期間は 2014 年 3-8 月

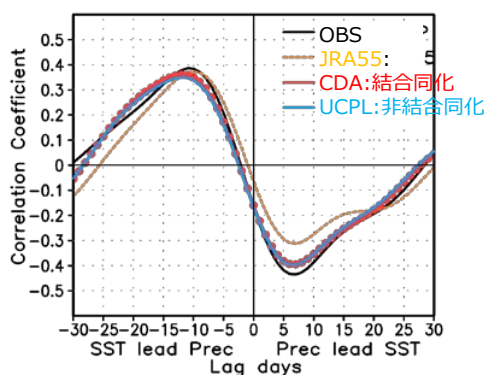


図3 太平洋西部赤道域(10S-10N, 130-150E)における季節内変動の時間スケールのTMI-SSTと降水量の時間ラグ相関関係
OBS: GPCP 降水量と TMI-SST
JRA-55: JRA-55 の降水量と TMI-SST
CDA: 結合同化実験の降水と TMI-SST
UCPL: 非結合同化実験の降水と TMI-SST
統計期間は 2014 年 3-8 月

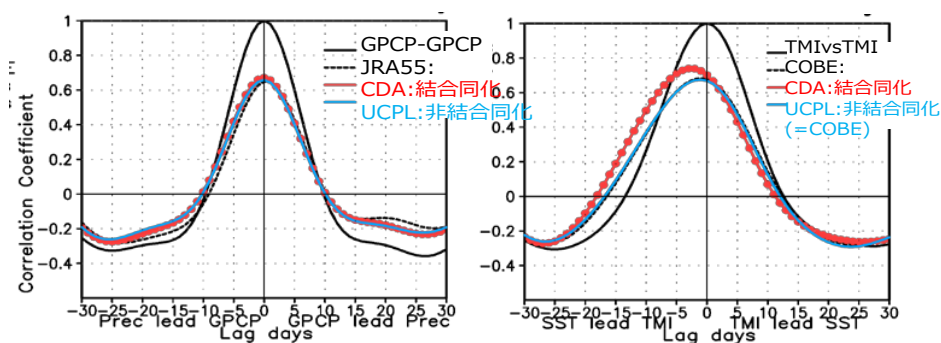


図4 太平洋西部赤道域(10S-10N, 130-150E)における季節内変動の時間スケールの降水量同士、SST 同士の時間ラグ相関関係
左: GPCP 降水量と各再解析降水量との時間ラグ相関関係
右: TMI-SST と各再解析で用いた SST との時間ラグ相関関係
統計期間は 2014 年 3-8 月

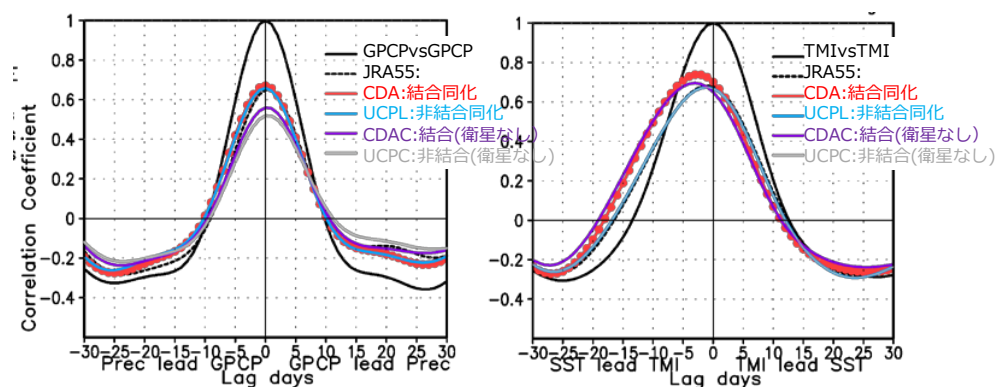


図5 図4と同じ。ただし、衛星観測データを同化に用いない実験(CDAC(結合)、UCPC(非結合))による時間ラグ相関関係を追加した。
左: GPCP 降水量と各再解析降水量との時間ラグ相関関係
右: TMI-SST と各再解析で用いた SST との時間ラグ相関関係
統計期間は 2014 年 3-8 月

参考文献

- 藤井 陽介、石橋 俊之、高谷 祐平、安田 珠
幾、竹内 義明 気象研究所における結合同化
システムの開発と短期再解析実験, 2017, 平
成 28 年度気候情報技術開発資料, 気象庁気
候・海洋気象部
- Arakawa, O., and A. Kitoh (2004),
Comparison of local precipitation-SST
relationship between the observation and
a reanalysis dataset. *Geophys. Res.
Lett.*, 31, L12206,
doi:10.1029/2004GL020283.
- Fujii, Y., T. Nakaegawa, S. Matsumoto, T.
Yasuda, G. Yamanaka, and M. Kamachi
(2009), Coupled climate simulation by
constraining ocean fields in a coupled
model with ocean data. *J. Climate*, 22,
5541-5557, doi: 10.1175/2009JCLI2814.1.
- Huffman, G. J., R. F. Adler, M. M. Morrissey,
D. T. Bolvin, S. Curtis, R. Joyce, B.
McGavock, and J. Susskind, (2001),
Global Precipitation at One-Degree Daily
Resolution from Multisatellite
Observations. *J. Hydrometeor.*, 2, 36-50,
doi:10.1175/1525-
7541(2001)002<0036:GPAODD>2.0.CO;2.
- Ishii, M., A. Shouji, S. Sugimoto, and T.
Matsumoto (2005), Objective analyses of
sea-surface temperature and marine
meteorological variables for the 20th
century using ICOADS and the Kobe
Collection. *Int. J. Climatol.*, 25, 865-
879, doi:10.1002/joc.1169.
- Kumar, A., L. Zhang, and W. Wang (2013),
Sea Surface Temperature-Precipitation
Relationship in Different Reanalyses.
Mon. Wea. Rev., 141, 1118-1123,
doi:10.1175/MWR-D-12-00214.1.
- Saha, S., S. Moorthi, H. Pan, X. Wu, J.
Wang, S. Nadiga, P. Tripp, R. Kistler,
J. Woollen, D. Behringer, H. Liu, D.
Stokes, R. Grumbine, G. Gayno, J. Wang,
Y. Hou, H. Chuang, H. H. Juang, J. Sela,
M. Iredell, R. Treadon, D. Kleist, P.
Van Delst, D. Keyser, J. Derber, M. Ek,
J. Meng, H. Wei, R. Yang, S. Lord, H.
van den Dool, A. Kumar, W. Wang, C.
Long, M. Chelliah, Y. Xue, B. Huang, J.
Schemm, W. Ebisuzaki, R. Lin, P. Xie, M.
Chen, S. Zhou, W. Higgins, C. Zou, Q.
Liu, Y. Chen, Y. Han, L. Cucurull, R. W.
Reynolds, G. Rutledge, and M. Goldberg
(2010), The NCEP Climate Forecast System
Reanalysis. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*,
91, 1015-1058,
doi:10.1175/2010BAMS3001.1.
- Wentz, F. J., Hilburn, K. A., and Smith,
D. K., Remote Sensing Systems DMSP SSMIS
3day Environmental Suite on 0.25 deg
grid, Version 7, Remote Sensing Systems,
Santa Rosa, California.
<http://www.remss.com/missions/ssmi>